8C

УДК 681.335:004.891

А.В. Селиванова
Одесская государственная академия холода, г. Одесса, Украина

Нечёткое моделирование управления холодильной установкой для компьютерного тренажёра

В статье рассматривается проблема управления обобщенной холодильной установкой в компьютерном тренажере. Предлагается нечеткая модель управления холодильной установкой и ее реализация в тренажере IceQueen 2.0.

Введение

Актуальность. В наше время ощущается острая потребность качественного улучшения подготовки операторского персонала технологических процессов холодильных установок, которая вызвана постоянным усложнением самих процессов и появлением новых систем управления ими на фоне смены поколения операторов, заметного снижения уровня подготовки вновь набираемых работников и, как следствие, всплеска аварийности по причине некачественного управления процессами. С другой стороны, впечатляющие успехи ключевых информационных технологий создают принципиальную возможность создания полноценных систем компьютерного тренинга, превосходящих по эффективности все известные формы обучения, включая не всегда доступные и потенциально опасные тренировки на реальных объектах. Создалась ситуация, когда никаких ограничений для создания отдельных компонентов тренажеров практически не существует, в то время как теоретически обоснованные критерии, принципы и методики построения тренажерных систем недостаточно разработаны. В результате, работы по созданию столь сложных и трудоемких продуктов тормозятся из-за отсутствия общей методологии их построения, страдают от недоучета принципиальных факторов, определяющих успех тренинга, и напрасного дублирования усилий на реализацию стандартных и типовых компонентов систем [1].

Разработка моделей и методов, составляющих основу компьютерного тренажера по холодильным установкам, представляет собой проблему, требующую постоянного совершенствования, поэтому является **актуальной** и **нерешенной**.

Целью работы является разработка моделей процесса управления холодильной установкой и их взаимодействие в компьютерном тренажере для базового обучения операторов холодильных установок.

Постановка задачи

Для предоставления адекватной информации компьютерный тренажер должен содержать в себе эталонные модели процессов управления холодильной установкой.

Моделированию технологических и других процессов для тренажеров операторов технологических процессов посвящены работы В.М. Дозорцева. В них методы

исследования базируются на использовании аппарата математического моделирования процессов и аппаратов химико-технологического типа, теории автоматического управления, теории искусственного интеллекта, методов когнитивного инжиниринга и статистической обработки данных. Нечеткому моделированию управления промышленных холодильных установок посвящены некоторые работы О.А. Онищенко и Ю.В. Живица. Ситуационная модель аммиачной холодильной установки, как источника предаварийных ситуаций, описана в работе А.В. Абзалова. Существующие модели управления холодильными установками описывают процесс управления конкретными моделями установок и не всегда подходят для описания базового варианта управления. Они часто содержат сокращенный набор параметров, достаточный для процесса управления, однако не достаточный для иллюстрации всех возможных предаварийных ситуаций, которые могут возникнуть при неправильном управлении.

Стремление получить всю исчерпывающую информацию для построения точной математической модели сколь-нибудь сложной реальной ситуации может привести к потере времени и средств, поскольку это может быть в принципе невозможно. Применение классических методов моделирования не приводят к удовлетворительным результатам, когда исходное описание подлежащей решению проблемы заведомо является неточным или неполным. В таком случае наиболее целесообразно воспользоваться такими методами, которые специально ориентированы на построение моделей, учитывающих неполноту и неточность исходных данных. В таких ситуациях наиболее конструктивной оказывается технология нечеткого моделирования, поскольку за последнее десятилетие на ее основе были решены сотни практических задач управления и принятия решений [2].

В промышленных процессах, особенно в ситуациях, где обычные методы управления трудно применимы, широко используются методы нечеткого управления. Существуют различные типы методов разработки нечетких регуляторов. Один из наиболее широко используемых методов получения управляющих правил – это метод извлечения экспертных знаний управления, или использование знаний опытных операторов. В результате набор управляющих правил отражает эмпирические знания экспертов о протекании процесса. Этот метод зависим от опыта различных личностей, так что нечеткие управляющие правила могут быть невыполнимы и даже противоречить друг другу. Другой метод имеет дело с нечетким моделированием процесса, где приблизительная модель объекта конфигурируется с использованием импликаций, описывающих возможные состояния системы. Подобно традиционным подходам, взятым из теории управления, нечеткий регулятор конструируется для управления нечеткой моделью, полученной методами структурной идентификации и оценки параметров.

В общем виде модель управления холодильной установкой можно описать уравнением Y = F(X,Z),

где Y – вектор выходов, Y={y1,y2,y3,y4},

y1 – степень открытия регулирующего вентиля подачи холодильного агента в систему;

y2 – степень открытия регулирующего вентиля подачи воды в систему;

y3 – включение выключение компрессора;

y4 – включение выключение водяного насоса;

X – вектор входов, X = {x1,x2,x3,x4,x5};

x1 – температура в камере;

x2 – температура нагнетания;

x3 – температура всасывания;
x4 – уровень жидкости в линейном ресивере;
x5 – уровень жидкости в отделителе жидкости;
Z – вектор возмущений, Z = {z1,z2},
z1 – температура окружающей среды;
z2 – теплоприток.

Анализ существующих моделей позволяет сделать вывод о целесообразности разработки нечетких моделей управления обобщенной холодильной установкой для использования их в компьютерном тренажере по холодильной специальности.

Решение поставленной задачи

Принципы управления холодильной установкой

На многих объектах для организации правильного технологического процесса необходимо длительно поддерживать заданные значения различных физических параметров или изменять их во времени по определенному закону. Вследствие различных внешних воздействий на объект эти параметры отклоняются от заданных. Оператор или машинист должен так воздействовать на объект, чтобы значения регулируемых параметров не выходили за допустимые пределы. Управление холодильной установкой подразумевает 3 основных этапа: *пуск, выход на режим и поддержание режима*. Процесс пуска заключается в выполнении правильной последовательности действий, а именно: открытие и закрытие необходимых вентилей, запуск водяного насоса и компрессора. Неправильная последовательность выполнения действий может привести к различным аварийным ситуациям. Управление процессом выхода на режим и поддержания режима сводится к регулированию подачи холодильного агента в систему с целью поддержания в холодильной камере необходимой температуры и недопущения перемерзания или порчи продукта. Также необходимо следить за параметрами работы установки с целью предотвращения аварийных ситуаций.

Параметры, регулируемые в холодильных установках

Холодильная установка представляет собой камеру или группу камер (объект), в которых требуется поддерживать заданную температуру *t кам* (регулируемый параметр), и холодильную машину. Теплоприток в камеру является нагрузкой. Теплота, отводимая холодильной машиной от объекта, – регулирующее воздействие. Однако и в самой холодильной машине, в свою очередь, есть объекты, в которых требуется регулирование ряда параметров, таких, как уровень жидкого хладагента в испарителе, давление в испарительной системе, давление в конденсаторе и др. Число регулируемых параметров зависит от схемы холодильной установки и конструкции конкретных узлов машины [3].

При создании тренажера заложить модели всех известных установок практически невозможно. Холодильные установки отличаются одна от другой средством получения холода и низкой температуры, назначением и разной холодопроизводительностью. В отрасли умеренного холода наибольшее распространение получили компрессорные холодильные машины, которые входят в состав компрессорных установок. Данный тип установок характеризуется разнообразием схемно-цикловых решений. В состав действительных схем входит большое количество дополнительных элементов и оборудования, предназначенного для повышения эффективности и безопасности работы холодильной установки, но не все эти элементы принимают непосредственное участие в производстве холода и требуют регулирования. Поэтому

обобщенный перечень элементов, которые войдут в состав обобщенной тренажерной холодильной установки, можно сократить, оставив элементы, которые являются обязательными для получения холода, безопасной работы и оказывают влияние на способ управления.

Нечеткая модель управления обобщенной холодильной установкой

Была разработана пробная нечеткая модель ХУ в системе Matlab7 (рис. 1).

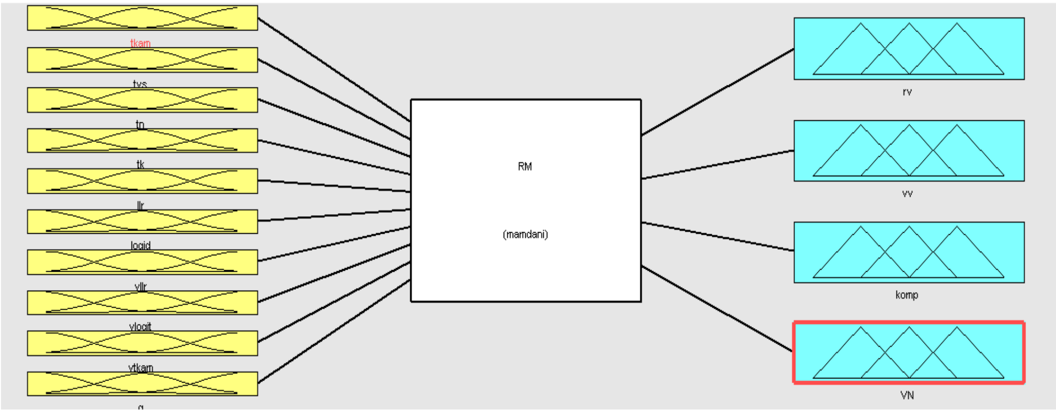


Рисунок 1 – Система нечеткого вывода управления ХУ

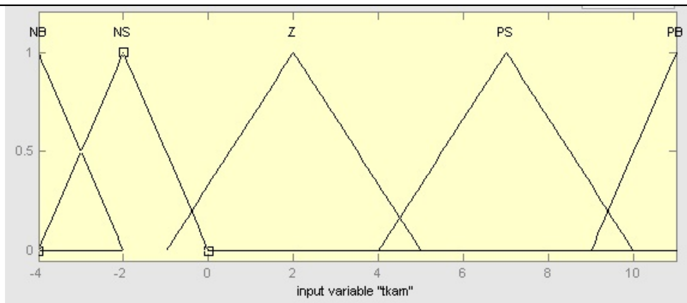
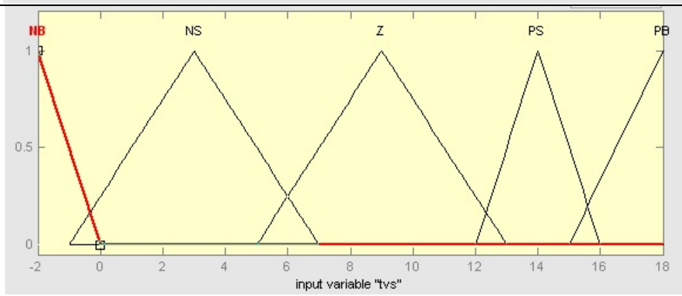
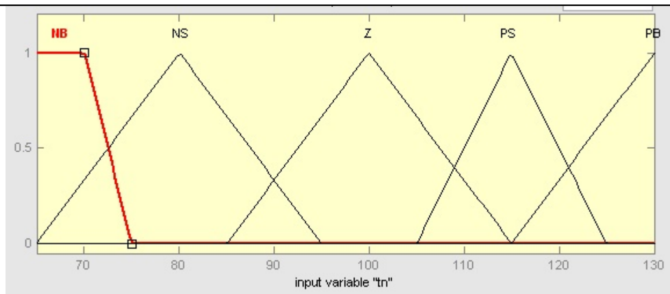
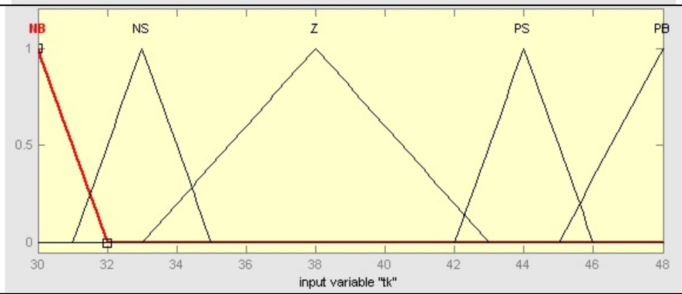
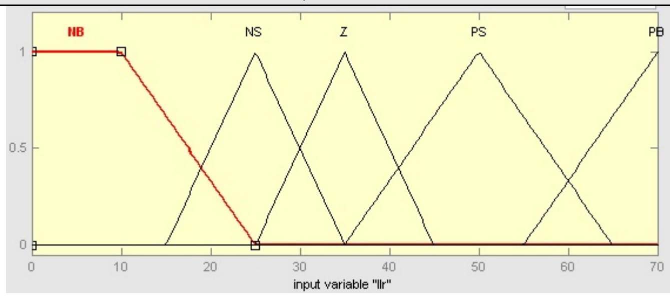
Входные параметры представлены лингвистическими переменными tkam – «температура в камере», *tvs* – «температура всасывания», *tn* – «температура нагнетания», *tk* – «температура конденсации», *llr* – «уровень жидкости в линейном ресивере», *logid* – «уровень жидкости в отделителе жидкости», *vllr* – «скорость изменения уровня жидкости в линейном ресивере», *vlogid* – «скорость изменения уровня жидкости в отделителе жидкости», *vtkam* – «скорость изменения темпеРатуры в камере» и *q* – «теплоприток».

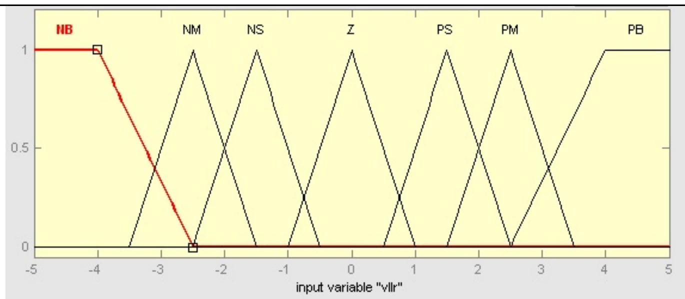
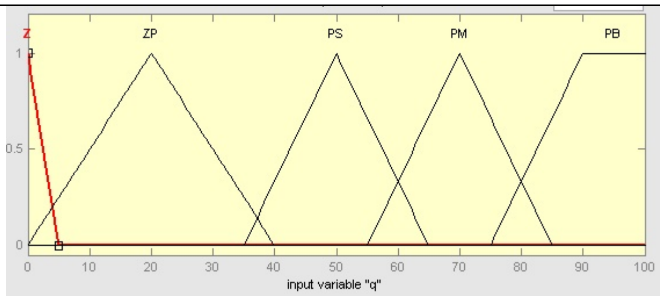
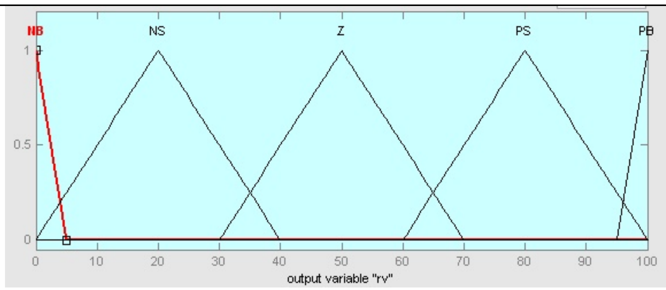
Лингвистические переменные *tkam, tk, tn и tvs* определены на терм множестве *T* = {«очень низкая», «низкая», «нормальная», «высокая», «очень высокая»}, или с использованием общепринятых обозначений *T* = {*NB, NS, Z, PS, PB*}. Лингвистические переменные *llr* и *logid* определены на терм множестве L = {«очень низкий», «низкий», «нормальный», «высокий», «очень высокий»}, или с использованием общепринятых обозначений *L* = {*NB, NS, Z, PS, PB*}. Лингвистические переменные *vtkam, vllr* и *vlogid, tvs* определены на терм множестве *V* = {«максимальная отрицательная», «средняя отрицательная», «низкая отрицательная», «нулевая», «низкая положительная», «средняя положительная», «максимальная положительная»}, или с использованием общепринятых обозначений *V* = {*NB, NM, NS, Z, PS, PM, PB*}. Лингвистическая переменная *q* определена на терм множестве *Q* = {«нулевой», «низкий», «средний», «большой», «очень большой»}, или с использованием общепринятых обозначений *Q* = {*Z, ZP, PS, PM, PB*}. Выходные параметры представлены лингвистическими переменными *rv* – «степень открытия регулирующего вентиля», *vv* – «степень открытия вентиля водяного насоса», *komp* – «состояние компрессора», *nas* – «состояние водяного насоса».

Лингвистические переменные *vv* и *rv* определены на терм множестве *R* = {«закрыто», «маленький», «средний», «большой», «открыто»}, или с использованием общепринятых обозначений *R* = {*NB, NS, Z, PS, PB*}. Лингвистические переменные *komp* и *nas* определены на терм множестве *O* ={«*vkl*», «*vikl*»}.

Функции принадлежности указанных лингвистических переменных представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Функции принадлежности указанных лингвистических переменных

Лингвистическая переменная	Функция принадлежности
tkam	
tvs	
tn	
tk	
llr, logid	

vllr,vlogid, vtkam	
q	
rv, vv	

Основу представленной модели составляет база нечетких лингвистических правил, полученных от экспертов.

Практическая реализация

В ходе исследования был разработан программный тренажер IceQueen 2.0, который может быть использован для базовой подготовки специалистов по холодильной специальности в профильных учебных заведениях. Тренажер работает в 3 режимах: *обучение* – режим, в котором обучаемый может получить все необходимые сведения о холодильной установке и о том, как правильно управлять ее работой; *тренировка* – режим, в котором обучаемый получает задание и выполняет его, получая от программы подсказки и предупреждения; *тестирование* – режим, в котором обучаемый должен в течении определенного времени запустить установку, вывести ее на режим и поддерживать его. По истечении этого времени, в зависимости от правильности действий, ему будет выставлена оценка. При входе на режим происходит авторизация пользователей. Тренажер содержит средства получения статистической информации о процессе обучения.

Для реализации основных модулей тренажера была использована интегрированная среда разработки Delphi. В процессе реализации был создан класс TRef-Mashine, который содержит поля и свойства для хранения параметров состояния холодильной установки в каждый момент времени, а также методы для управления ею. Применение объектно-ориентированного подхода придает гибкость разработке и

позволяет вносить изменения в работу системы с учетом изменения модели управления, не изменяя ее структуры. Для этого достаточно откорректировать реализацию класса или расширить его, добавив новые свойства и методы.

Выводы и перспективы исследования

Анализ представленной модели и ее реализации показал, что она имеет ряд существенных недостатков, а именно: необходимо оптимизировать количество параметров модели с целью ее упрощения и повышения адекватности. Также необходимо усовершенствовать базу управляющих правил и упростить процесс их получения от экспертов. С этой целью в дальнейшем предполагается применение аппарата нейронных сетей.

Литература

1. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов / Дозорцев В.М. – М. : Синтег, 2009.
2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и FuzzyTech / Леоненков А.В. – Спб. : БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
3. Полевой А.А. Автоматизация холодильных установок и систем кондиционирования воздуха / Полевой А.А. – Спб. : Профессия, 2010. – 244 с.

Literatura

1. Dozortsev V.M. Komp'juternie trenazhery dlja obuchenija operarorov tekhnologicheskikh protsesov. M.: Sinteg, 2009.
2. Leonenkov A.V. Nechetkoe modelirovanie v srede Matlab i FuzzyTech. – Spb.: BKHV-Peterburg, 2003. – 736 s.
3. Polevoj A.A. Avtomatizatsija holodilnih ustanovok i system konditsionirovanija vozdukha. – Spb.: «Professija», 2010. – 244 s.

А.В. Селіванова

Нечітке моделювання управління холодильною установкою для комп'ютерного тренажеру

У статті розглядається проблема управління узагальненою холодильною установкою в комп'ютерному тренажері. Пропонується нечітка модель управління холодильною установкою і її реалізація в тренажері IceQueen 2.0.

A. Selivanova

Fuzzy modeling of management by the refrigerating machinery for a computer training apparatus

In article the problem of management by the generalized refrigerating machinery in a computer training apparatus is considered. The fuzzy model of carrying of the refrigerating machinery and its realization in training apparatus IceQueen 2.0 Is offered.

Статья поступила в редакцию 22.06.2011.